

JP 406058014 A
MAR 1994

(54) VIBRATION ISOLATING DEVICE

(11) 6-58014 (A) (43) 1.3.1994 (19) JP

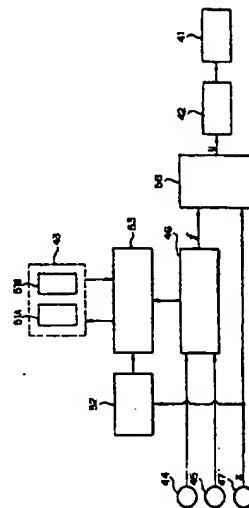
(21) Appl. No. 4-211470 (22) 7.8.1992

(71) KAYABA IND CO LTD (72) NOBUYOSHI HANIYUDA(1)

(51) Int. Cl. E04H9/02, F16F15/02

PURPOSE: To perform vibration isolating motions effectively within the effective strokes by judging that the stroke end of an actuator is reached when the speed of an additional mass exceeds the allowable speed, selecting a regulator map having a small effect of vibration isolation, and driving the actuator with a smaller feedback gain.

CONSTITUTION: A vibration isolating device has an additional mass 41 driven by an actuator 42 in the direction in which the structure concerned vibrates, and is equipped with a regulator map 43, judging means 52, and selecting means 53. When the speed of the additional mass 41 exceeds the allowable speed varying in compliance with the stroke position of the actuator 42, judgement is passed that the mass 41 reaches the stroke end of the actuator 42, followed by selecting of the regulator map 43 having a small effect of vibration isolation, and the actuator 42 is driven with a feedback gain presenting a smaller effect of vibration isolation. Thereby a large vibration isolating effect is obtained for a large input of excitation without risk of damaging the structure.



44: displacement sensor, 45: operating direction judging means, 46: reading means, 47: conditional amount sensor, 48: control input determining means

This Page Blank (uspto)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-58014

(43) 公開日 平成6年(1994)3月1日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
E 0 4 H 9/02	3 4 1 D	8404-2E		
F 1 6 F 15/02	A	9138-3J		

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平4-211470

(22) 出願日 平成4年(1992)8月7日

(71) 出願人 000000929

カヤバ工業株式会社

東京都港区浜松町2丁目4番1号 世界貿易センタービル

(72) 発明者 羽生田 伸良

神奈川県相模原市麻溝台一丁目12番1号

カヤバ工業株式会社相模工場内

(72) 発明者 リチャード カービー

神奈川県相模原市麻溝台一丁目12番1号

カヤバ工業株式会社相模工場内

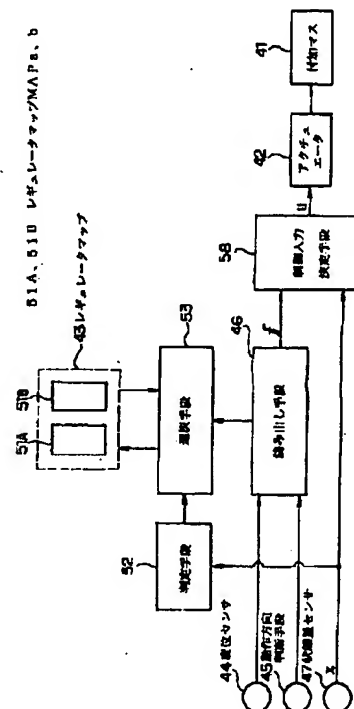
(74) 代理人 弁理士 後藤 政喜 (外1名)

(54) 【発明の名称】 制振装置

(57) 【要約】

【目的】 アクチュエータの有効ストローク内で効果的な制振動作を行う。

【構成】 構造物の振動方向に運動可能な付加マス41を往復動型のアクチュエータ42で駆動し、付加マス41が中心位置からアクチュエータ42のストロークエンドに向かうほど徐々に制振効果を小さくするフィードバックゲインを割り振ったレギュレータマップ43と、このレギュレータマップ43を同一の付加マス変位とその動作方向に対して付加マス変位の絶対値が大きくなるほど制振効果が小さくなるよう設定する一方で、状態量検出センサ47のひとつにより検出される付加マス41の速度がアクチュエータ42のストローク位置に応じた許容速度を超えたかどうかを判定する手段52と、この判定結果に応じて複数のレギュレータマップ51A、51Bのいずれかを選択する手段53とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 構造物の振動方向に運動可能な付加マスと、この付加マスを運動させる往復動型のアクチュエータとを備え、付加マスの変位とその動作方向に応じて付加マスが中心位置より前記アクチュエータのストロークエンドへと動くほど徐々に制振効果を小さくするフィードバックゲインを割り振ったレギュレタマップと、付加マスの変位センサと付加マスの動作方向を判断する手段と、これらの信号に応じて前記レギュレタマップを参照し、そのときの付加マス変位とその動作方向に応じたフィードバックゲインを読み出す手段と、振動に関係する状態量を検出するセンサと、このセンサから得られた状態量から状態量ベクトルを作り、この状態量ベクトルと前記読み出されたフィードバックゲインとの内積にて前記アクチュエータに与える制御入力を決定する手段とを備える制振装置において、前記レギュレタマップを同一の付加マス変位とその動作方向に対して付加マス変位の絶対値が大きくなるほど制振効果が小さくなるように設定する一方で、前記状態量検出センサのひとつにより検出される付加マスの速度がアクチュエータのストローク位置に応じた許容速度を超えたかどうかを判定する手段と、この判定結果に応じて複数のレギュレタマップのいずれかを選択する手段とを備えたことを特徴とする制振装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、地震や風等の外力による建造物の振動を低減する制振装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 構造物に振動低減用のコントロールデバイスとを備え、外部からエネルギーの供給を受けて積極的に振動の低減を図るものが知られている。（特開平2-266139号公報参照。）

この装置では、構造物上に載置した付加マスをアクチュエータで変位させることにより風や地震などの外力による構造物の揺れを抑制する。アクチュエータを制御するコントローラには制振効果がそれぞれ異なる複数のフィードバック係数を格納したレギュレタマップを予め複数個設定しておき、構造物の加振入力に基づいて最適のレギュレタマップを選択して付加マスを駆動する一方で、各センサより算出された付加マスの所定の速度でレギュレタマップを切り換えてアクチュエータがストロークエンドに到達するのを防止している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の装置ではレギュレタマップの切換条件がマスの所定の速度に基づいて行われ、大きな加振入力に対しては制振効果の小さいレギュレタマップが、小さな加振入力に対しては制振効果の大きいレギュレタマップが選択されるため、加振入力によってはストロークエンドに

至る可能性が少ないにもかかわらずマスの動きを制限する方向にアクチュエータを制御する場合もあり、装置が備える制振能力を有効に利用できないという問題点が発生した。

【0004】 そこで本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、アクチュエータがストロークエンドに到達する可能性を判断し、アクチュエータの有効ストローク内で効果的な制振動作を行う制振装置を提供することを目的とする。

10 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、図1に示すように、構造物の振動方向に運動可能な付加マス41と、この付加マス41を運動させる往復動型のアクチュエータ42とを備え、付加マス41の変位とその動作方向に応じて付加マス41が中心位置より前記アクチュエータ42のストロークエンドへと動くほど徐々に制振効果を小さくするフィードバックゲインを割り振ったレギュレタマップ43と、付加マス41の変位センサ44と付加マスの動作方向を判断する手段45と、これらの信号に応じて前記レギュレタマップ43を参照し、そのときの付加マス変位とその動作方向に応じたフィードバックゲインを読み出す手段46と、振動に関係する状態量を検出するセンサ47と、このセンサ47から得られた状態量から状態量ベクトルを作り、この状態量ベクトルと前記読み出されたフィードバックゲインとの内積にて前記アクチュエータに与える制御入力を決定する手段58とを備える制振装置において、前記レギュレタマップ43を同一の付加マス変位とその動作方向に対して付加マス変位の絶対値が大きくなるほど制振効果が小さくなるように設定する一方で、前記状態量検出センサ47のひとつにより検出される付加マス41の速度がアクチュエータ42のストローク位置に応じた許容速度を超えたかどうかを判定する手段52と、この判定結果に応じて複数のレギュレタマップ51A、51Bのいずれかを選択する手段とを備える。

【0006】

【作用】 したがって、付加マスの速度がアクチュエータのストローク位置に応じて変化する許容速度を越えると、付加マスがアクチュエータのストロークエンドに到達すると判定して制振効果のより小さいレギュレタマップを選択するため、アクチュエータは制振効果のより小さいフィードバックゲインで駆動され、付加マスは速度を低減してストロークエンドに到達することを回避する。

【0007】

【実施例】 図2～4に本発明の実施例を承す。

【0008】 図2、3において、構造物1の上部には制振装置が設置され、底部に車輪10を有する直方体の付加マス2が構造物1の最上部の床面上に移動可能に配設される。付加マス2の周面には図3において上下左右から

複動型の油圧シリンダ6が固定され、この油圧シリンダ6のロッド7の一端が付加マス2を囲むように構造物1に立設した壁8に連結される。9は油圧シリンダ6に作動油を供給する油圧ユニットである。

【0009】図4は図2、3で示した制御装置を制御対象とする制御モデルである。ただし、簡略化のために付加マス2は1本のシリンダ6で移動するようになっている。実際の装置では、構造物1、付加マス2が図2において例えば水平方向に揺れれば、図4のモデルでは上下方向に振動することになる。

【0010】構造物1と付加マス2には状態量を検出する手段としての変位センサ11a、11bと速度センサ12a、12bがそれぞれ設けられ、状態量として構造物1の絶対変位 x_1 、絶対速度 v_1 、付加マス2の絶対変位 x_2 、絶対速度 v_2 がそれぞれ検出される。絶対変位 x_1 、 x_2 は構造物1、付加マス2がそれぞれ中心位置にある場合を0として正負の値をとるようにする。また相対速度 V_1 、 V_2 も付加マス2の動作方向によって正負の値をとる。

【0011】4つのセンサ11a、11b及び12a、12bからの信号は、減算器32、33に入力され、ここで構造物1と付加マス2の相対変位 X_2 ($= x_2 - x_1$) 及び相対速度 V_2 ($= v_2 - v_1$) が求められる。あるいは、付加マスの変位については、相対変位が直接検出される付加マスの相対変位信号 X_2 と相対変位信号 V_2 により判定手段52から適用するレギュレータマップを判定し、この判定結果と付加マスの相対変位 X_2 と動作方向判定結果(ソレノイド励磁電流 i の正負で判定する)に応じたフィードバックゲイン $f = (f_1, f_2, f_3, f_4)$ を読み出す。ただし、 f はフィードバックゲインを表す行列である。

【0012】乗算器35~38では前述の状態量 x_1 、 X_2 、 v_1 、 V_2 にフィードバックゲイン f の各成分 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 が乗じられ、これらが加算器39により加えられて、制御入力 $u = f_1 x_1 + f_2 X_2 + f_3 v_1 + f_4 V_2$ が得られる。前述の4つの状態量 x_1 、 X_2 、 v_1 、 V_2 を状態ベクトル $x = (x_1, X_2, v_1, V_2)$ で表すと、 $u = f \cdot x$ である。

【0013】コントローラ31から出力される制御入力 u は、サーボ弁13のソレノイド15に流す電流 i に変換され、このソレノイド電流 i に応じてスプール14が図中左右方向に移動する。なお、サーボ弁13の上側に位置する3つのポートのうち、中央のポート16がポンプP(図示せず)に、左右のポート17、18がタンクT(図示せず)にそれぞれ連通する。また、下側に位置する2つのポート19、20がそれぞれシリンダ6の上下の部屋と連通する。

【0014】ここで、構造物1が、地震や風などの外力を受けて図中上方向(図2、3では右方向)へ揺れ始め

ると、この揺れの状況を入力したコントローラ31により、図示の位置までスプール14が右方向に摺動される。この状態ではシリンダ6の下方のシリンダ室に作動油が供給され、上方のシリンダ室の作動油がタンクTに戻られるので、シリンダ6内のピストンが押し上げられる。つまり、このピストンと一体となって動くロッド7が、付加マス2を構造物1の動きに遅れて同じ側である上側へと移動させる。一方、これとは逆に構造物1が下方に揺れると、制御入力 u の符号が反対になるので、スプール14が図中左に摺動して付加マス2が下方へと移動される。ここに、付加マス2を動かすことによって発生する反力が、構造物1に加えられた外力に対抗して反対になるので、構造物1の振動が低減される。

【0015】この実施例では図5(A)、(B)に示すように2種類のレギュレータマップMAPa49、MAPb50が用意される。これらの図において、①~⑨で示した基準フィードバックゲインは付加マス変位 X_2 とその動作方向に応じて①から④の順および⑥から⑨の順に制振効果の小さくなる(付加マスの動きが小さくなる)ものが割り振られており、各マップについては図6に示すように中心位置からストロークエンドに向かうに従って制振効果の小さなフィードバックゲインが採用される。また、これら2つのレギュレータマップについては付加マス相対変位 X_2 と動作方向が同じである場合に、MAPa49、MAPb50の順で制振効果が小さくなる基準フィードバックゲインが与えられる。なお、①~④および⑥~⑨のフィードバックゲインはそれぞれ最適レギュレータ理論に基づき、片ロッドシリンダ用として動作方向毎に独立した系として設計したものである。

【0016】上記2つのレギュレータマップは、加振入力に応じて変位する付加マス2の速度に応じて下記のように切り換えられる。

【0017】構造物1に地震などの外力により振動が発生し、これに呼応して付加マス2がアクチュエータに駆動される。このとき付加マス2が構造物1の一次の固有角振動数 ω_n で正弦波運動すると仮定した場合、シリンダ6の中立点からの最大ストロークを Y_{ST} とすると、付加マス2の構造物1に対する相対変位 X_2 は

【0018】

【数1】

$$X_2 = Y_{ST} \times \sin \omega_n t$$

【0019】で表され、このときの付加マス2のストローク位置を示す相対位置 X_2 に対応した付加マス2の構造物1に対する相対速度の最大値 V_{2max} 及び許容最大速度 V_{2lim} は次のように表される。

【0020】

【数2】

$$V_{2\max} = Y_{st} \times \omega_n$$

$$\dots (1)$$

$$V_{2\lim} = Y_{st} \times \omega_n \times \cos \left(\frac{\pi X_2}{2Y_{st}} \right) \dots (2)$$

【0021】したがって、付加マス2の相対変位が X_2 であるとき、最大値 $V_{2\max}$ 及び許容最大速度 $V_{2\lim}$ は相対変位 X_2 に応じて変化する。

【0022】(2)式で算出される許容速度 $V_{2\lim}$ を、付加マス2がシリンダ6のストロークエンドまでに減速可能な許容最大速度とすると、速度センサ12a、12bの検出値より算出される付加マス2の相対速度 V_2 が、その時点の相対変位 X_2 から求められる許容最大速度 $V_{2\lim}$ を超えると、付加マス2がシリンダ6のストロークエンドに到達すると判定してレギュレタマップをより制振効果の小さいもの、すなわち、MAPa49からMAPb50へと切り換えて付加マス2がシリンダ6のストロークエンドに到達することのないように駆動することが可能となる。

【0023】この相対速度 V_2 と相対変位 X_2 との関係からレギュレタマップMAPa49、MAPb50の切換領域は図7に示すように設定され、大地震などの大きな加振入力がかかった場合、付加マス2は加振入力に応じて制振効果の大きなMAPa49に基づいて変位を開始した後、シリンダ6の最大ストローク Y_{st} へ接近するにしがって相対速度 V_2 が許容速度 $V_{2\lim}$ を超えるため、レギュレタマップは制振効果の小さいMAPb50に切り換えられて付加マス2の変位を減少させてシリンダ6がストロークエンドに到達するのを防ぎ、制振装置又は構造物1の損傷を防止しながら最大の制振効果を得ることが可能となる。

【0024】図8は図4において、コントローラ31をマイクロプロセッサで構成した場合の制御動作の一例を示すものである。

【0025】この図8のフローチャートを参照してコントローラ31の制御動作を説明すると、ステップ61で付加マス2の相対速度 V_2 と相対変位 X_2 とを読み込んだ後に、ステップ62でサーボ弁13を駆動する電流値 i を読み込むとともに、この電流値 i の正負から付加マス2の変位方向を判定する。

【0026】この判定結果が正であればステップ63において相対速度 V_2 が前記(2)式により相対変位 X_2 から求めた許容最大速度 $V_{2\lim}$ を超えていないかを比較し、相対速度 V_2 が許容最大速度 $V_{2\lim}$ 以下であればステップ65で制振効果の高いレギュレタマップMAPa49を選択し、付加マス2を大きく変位させて高い制振効果を得る。一方、ステップ63の比較において相対速度 V_2 が許容最大速度 $V_{2\lim}$ を超えていればステップ64で制振効果の小さいレギュレタマップMAPb50

0を選択し、付加マス2の変位を制限してシリンダ6がストロークエンドに到達するのを防止する。

【0027】一方、前記ステップ62の判定が負である場合はステップ66で負の許容最大速度 $V_{2\lim}$ と相対速度 V_2 とを比較し、相対速度 V_2 が許容最大速度 $V_{2\lim}$ 以上であればステップ65で制振効果の大きいレギュレタマップMAPa49を選択し、相対速度 V_2 が許容最大速度 $V_{2\lim}$ 未満であれば制振効果の小さいレギュレタマップMAPb50を選択する。

【0028】このようにして大きな加振入力に応じて大きな制振効果が得られるレギュレタマップMAPa49を選択して付加マス2を駆動し、相対速度 V_2 が付加マス2の相対変位 X_2 に応じて変化する許容最大速度 $V_{2\lim}$ を越える位置まで付加マス2が変位すると、レギュレタマップを制振効果の小さいMAPb50に切り換えてシリンダ6がストロークエンドに到達して制振装置や構造物1へ損傷を与えることがなく、付加マス2をシリンダ6のストローク範囲内で最大の制振効果が得られるように駆動することが可能となり、大きな加振入力に対して大きな制振効果を得ることができる。また、加振入力が大きなものから小さなものへ変化した場合は、付加マス2の同一の変位と同一の動作方向に対して制振効果のより大きなレギュレタマップ、すなわち、MAPb50からMAPa49に切り換えられて大きな制振効果を得ることができる。

【0029】なお、上記実施例において付加マス2がストロークエンドに達する可能性を判定する際に相対速度 V_2 を用いたが、絶対速度 v_2 を使用しても上記実施例と同様となる。

【0030】また、上記実施例において2つのレギュレタマップをMAPa、MAPbの2種類より構成したが、レギュレタマップの数をさらに増やすことによってより細かな制御が可能となる。

【0031】また、正弦曲線で示される前記(1)式または(2)式の代わりにこの正弦曲線を、(1)式または(2)式に直線近似させた1次式を使用することでも、演算内容を簡素化することで処理速度を向上させ、付加マス2の追従性も向上させることができる。

【0032】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、付加マスの速度がアクチュエータのストローク位置に応じて変化する許容速度を越えると制振効果のより小さいレギュレタマップを選択するようにしたため、アクチュエータがストロークエンドに到達して制振装置や構造物へ損傷

を与えることがなく、付加マスをアクチュエータのストローク範囲内で最大の制振効果が得られるように駆動することが可能となり、大きな加振入力に対して大きな制振効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のクレーム対応図である。

【図2】本発明の実施例を示す側面図である。

【図3】同じく平面図である

【図4】同じく制御モデルの構成図である。

【図5】(A)、(B)はそれぞれレギュレータマップ 10 の一例を示す図表である。

【図6】付加マスの変位と制振効果の関係を示す図である。

【図7】付加マスの相対変位と相対速度によるマップの切換条件を示す図である。

【図8】制御の一例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1 構造物

2 付加マス

6 シリンダ

11 a、11 b 変位センサ

12 a、12 b 速度センサ

31 コントローラ

41 付加マス

42 アクチュエータ

43 レギュレータマップ

44 変位センサ

45 動作方向判断手段

46 読み出し手段

47 状態量センサ

49、50 レギュレータマップ

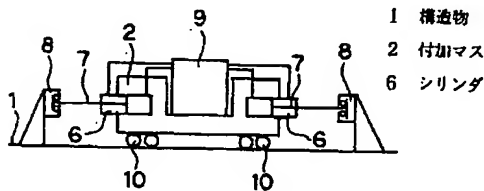
51 A、51 B レギュレータマップMAP a、b

52 判定手段

53 選択手段

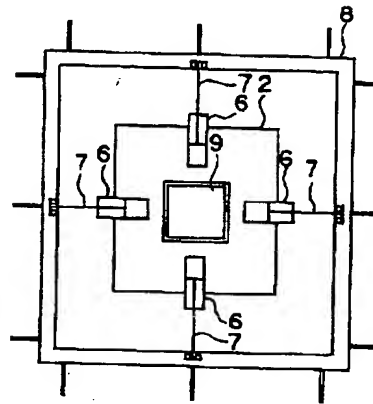
58 制御入力決定手段

【図2】



- 1 構造物
2 付加マス
6 シリンダ

【図3】



【図5】

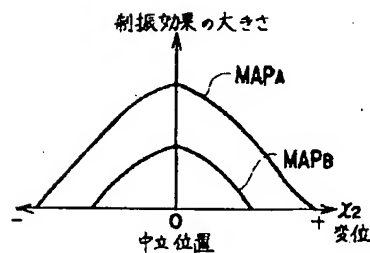
(A)

$x_2 < 0$ のとき	-80	-50	x_2 0	50	80	$x_2 \geq 0$ のとき
$i \geq 0$	③	②	①	①	②	③
$i < 0$	⑧	⑦	⑥	⑥	⑦	⑧

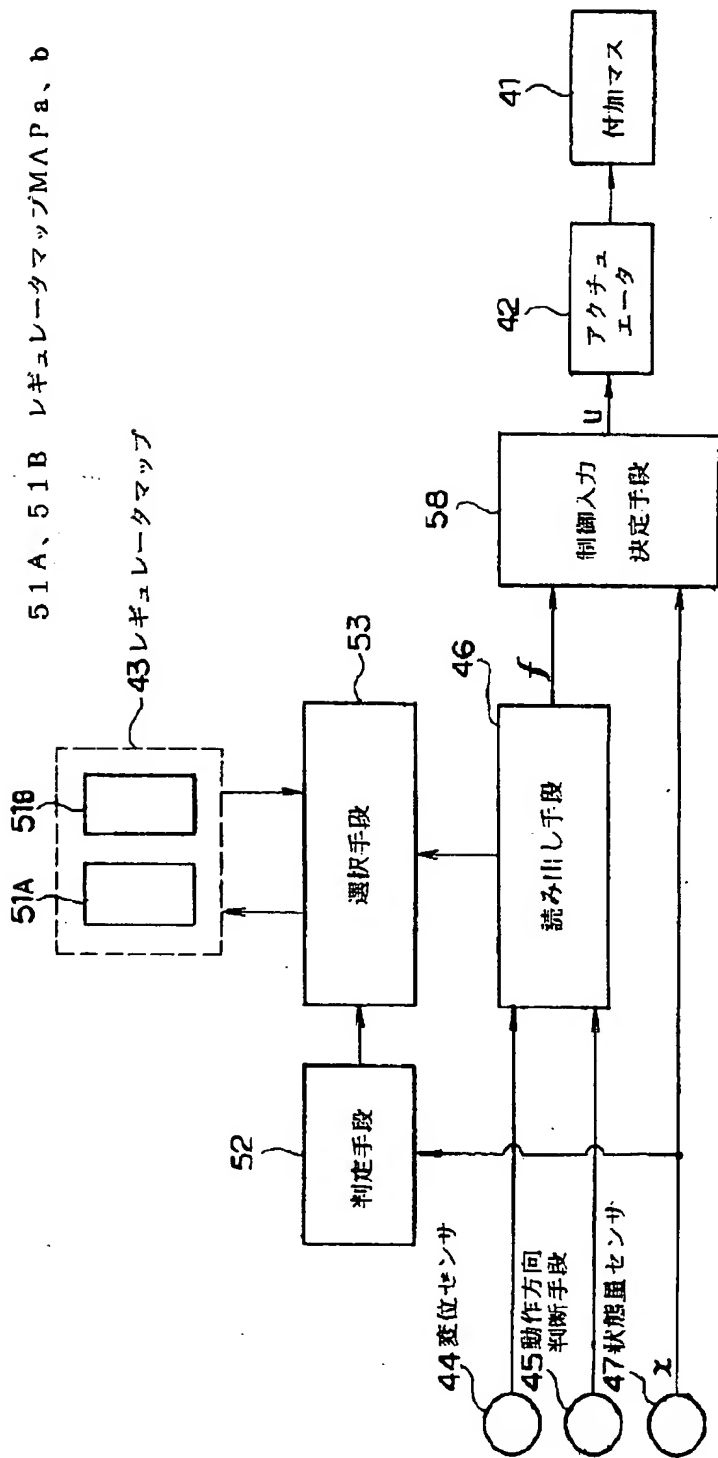
(B)

$x_2 < 0$ のとき	-80	-50	x_2 0	50	80	$x_2 \geq 0$ のとき
$i \geq 0$	④	③	②	②	③	④
$i < 0$	⑨	⑧	⑦	⑦	⑧	⑨

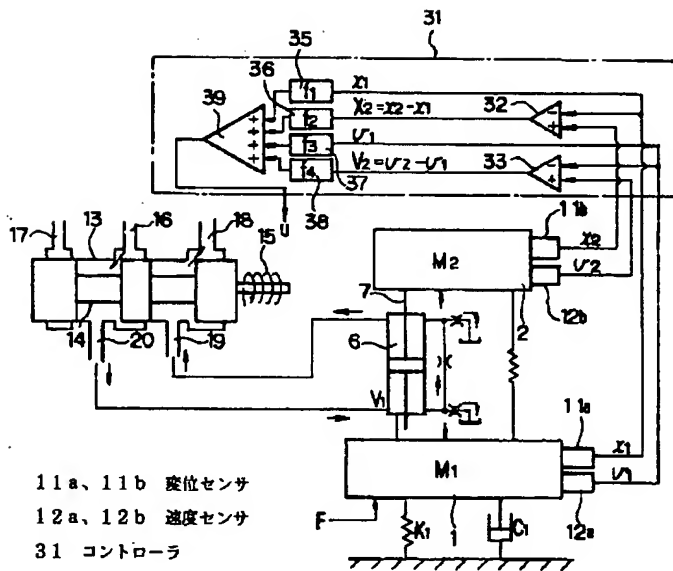
【図6】



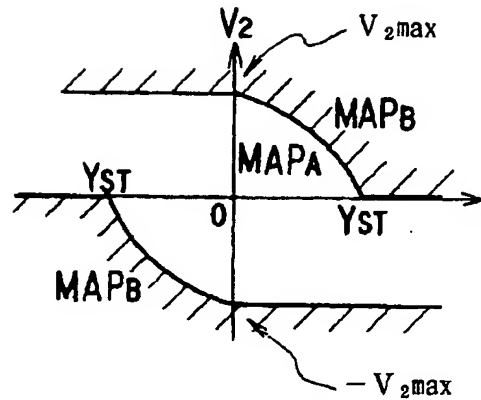
【図1】



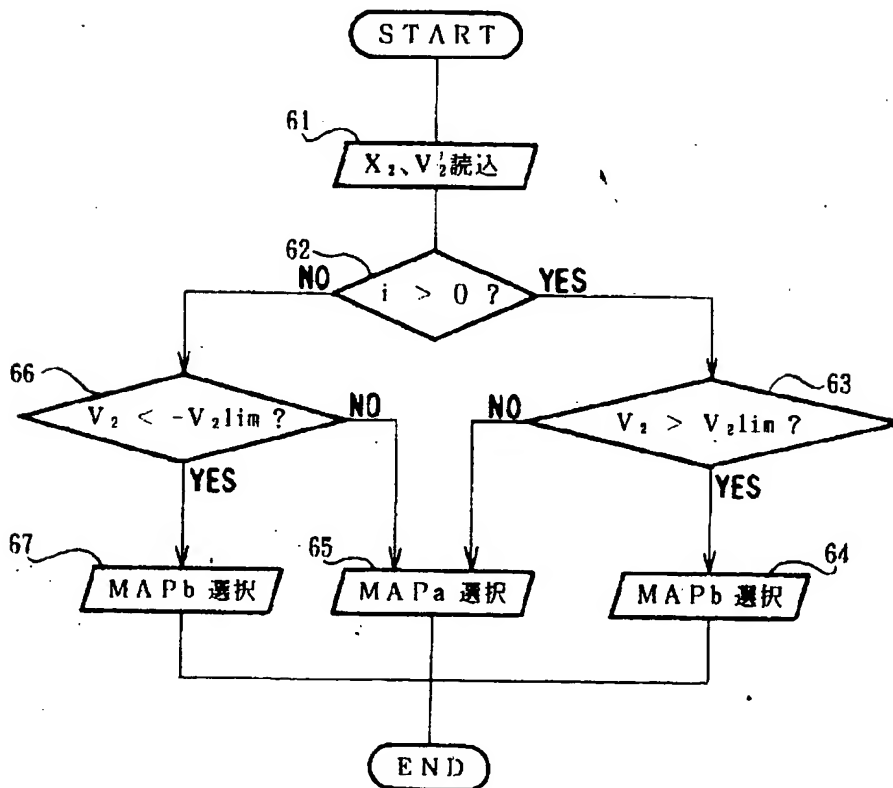
【図4】



【図7】



【図8】



【手続補正書】

【提出日】平成5年3月10日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 構造物の振動方向に運動可能な付加マスと、この付加マスを運動させるアクチュエータとを備え、付加マスの変位とその動作方向に応じて付加マスが中心位置より前記アクチュエータのストロークエンドへと動くほど徐々に制振効果を小さくするフィードバックゲインを割り振ったレギュレータマップと、付加マスの変位センサと付加マスの動作方向を判断する手段と、これらの信号に応じて前記レギュレータマップを参照し、そのときの付加マス変位とその動作方向に応じたフィードバックゲインを読み出す手段と、振動に関する状態量を検出するセンサと、このセンサから得られた状態量から状態量ベクトルを作り、この状態量ベクトルと前記読み出されたフィードバックゲインとの内積にて前記アクチュエータに与える制御入力を決定する手段とを備える制振装置において、前記レギュレータマップを同一の付加マス変位とその動作方向に対して付加マス変位の絶対値が大きくなるほど制振効果が小さくなるように設定する一方で、前記状態量検出センサのひとつにより検出される付加マスの速度がアクチュエータのストローク位置に応じた許容速度を超えたかどうかを判定する手段と、この、判定結果に応じて複数のレギュレータマップのいずれかを選択する手段とを備えたことを特徴とする制振装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、図1に示すように、構造物の振動方向に運動可能な付加マス41と、この付加マス41を運動させるアクチュエータ42とを備え、付加マス41の変位とその動作方向に応じて付加マス41が中心位置より前記アクチュエータ42のストロークエンドへと動くほど徐々に制振効果を小さくするフィードバックゲインを割り振ったレギュレータマップ43と、付加マス41の変位センサ44と付加マスの動作方向を判断する手段45と、これらの信号に応じて前記レギュレータマップ43を参照し、そのときの付加マス変位とその動作方向に応じたフィードバックゲインを読み出す手段46と、振動に関する状態量を検出するセンサ47と、このセンサ47から得られた状態量から状態量ベクトルを作り、この状態量ベクトルと前記読み出されたフィードバックゲインとの内積にて前記アクチュエータに与える制御入力を決定する手段58とを備える制振装置において、前記レギュレータマップ43を同一の付加マス変位とその動作方向に対して付加マス変位の絶対値が大きくなるほど制振効果が小さくなるように設定する一方で、前記状態量検出センサ47のひとつにより検出される付加マス41の速度がアクチュエータ42のストローク位置に応じた許容速度を超えたかどうかを判定する手段52と、この判定結果に応じて複数のレギュレータマップ51A、51Bのいずれかを選択する手段とを備える。